4C

УДК 621.397

И.И. Сальников
Пензенская государственная технологическая академия, г. Пенза, Россия
iis@pgta.ru

Информационные технические системы анализа изображений удаленных объектов, работающие в ЭМ-волнах

Приведена обобщенная структура информационной технической системы (ИТС) анализа изображений удаленных объектов в электромагнитных волнах. Выполнена систематизация методов анализа пространственно-временных параметров удаленных объектов для наиболее информационно ёмких ИТС, формирующих изображения – это телевизионные системы обнаружения и целеуказания, телевизионные системы мониторинга земной поверхности, радиолокационные системы бокового обзора, радиолокационные технические системы охраны.

Введение

В настоящее время мы являемся свидетелями широкого использования понятия **информации**, которое используется во многих сферах деятельности человека. Первоначально это понятие использовал К. Шеннон в своей работе «Математическая теория связи», опубликованной в 1948 г. и посвященной проблемам передачи сообщений в шумах. В настоящее время значение понятия информации существенно расширилось и используется применительно не только к системам передачи сообщений, но и к любым действиям, связанным с получением чего-то нового, неизвестного, то есть можно сказать, что **информация – это новое знание**. Появились производные понятия, например, информационное сообщение, информационные технологии, информативные параметры, информационно-аналитический отдел, информационные системы, информационные услуги, информационный обмен и т.д. – все эти понятия базируются на основном понятии информации как новом знании.

Для технических систем использование понятия информации явилось обобщающим фактором, объединяющим такие системы, как системы передачи сообщений, системы извлечения пространственных параметров удаленных объектов, системы целеуказания и навигации, управления и разведки в **информационные технические системы** (ИТС). Это объединение является объективной необходимостью, так как решая самые разнообразные практические задачи, основывается на **общих принципах**:

– использование волновых процессов для взаимодействия с удаленными объектами;

– перенос информации о пространственно-временных параметрах удаленных объектов;

– прием и преобразование волновых процессов в электрический сигнал с помощью соответствующих датчиков;

– анализ и преобразование электрических сигналов с целью извлечения информации об удаленном объекте;

– представление полученной информации в требуемом виде либо удобной для восприятия человеком, либо удобной для восприятия исполнительными системами.

К настоящему времени освоен широкий спектр **волновых процессов**, которые с успехом используются ИТС:

– сейсмические, использующие волновые процессы в земной поверхности;

– звуковые, использующие звуковые волны в воздушной среде;

– ультразвуковые, использующие волны давления в водной среде.

Но наибольшее распространение получили **электромагнитные волны** (ЭМ-волны) различных диапазонов частот, распространяющиеся во всех возможных средах с разными характеристиками распространения.

Целью данной работы является формирование обобщенной структурной схемы информационных технических систем анализа изображения удаленных объектов, работающих в электромагнитных волнах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– выделить из всего многообразия ИТС системы, связанные с **анализом пространственно-временных параметров** удаленных объектов для решения таких задач, как обнаружение объектов, измерение пространственных координат, скорости перемещения, размеров объектов по результату анализа их изображений;

– выделить физические явления, связанные с взаимодействием ЭМ-волн с удаленными объектами, определить пространственные и временные характеристики ЭМ-волн, несущие информацию о параметрах удаленных объектов;

– сформировать обобщенную структурную схему ИТС анализа пространственно-временных параметров удаленного объекта;

– привести описание наиболее информационно ёмких систем, формирующих **изображения** удаленных объектов, таких, как телевизионные системы обнаружения и целеуказания, телевизионные технические системы охраны, радиолокационные системы бокового обзора, радиолокационные технические системы охраны.

Использование ЭМ-волн для извлечения информации о пространственно-временных параметрах объектов

Свойства распространения ЭМ-волн, которые учитываются и используются ИТС, существенным образом зависят от длины волны. Эти свойства, описания которых можно найти в соответствующей литературе, например [1], в настоящее время хорошо изучены и широко используются. ИТС, использующие различные диапазоны длин волн, имеют свои достоинства и недостатки, тем самым подтверждая общий принцип, что невозможно найти универсального средства передачи и извлечения информации на все существующие и возможные в будущем задачи. Отметим основные особенности **использования** в ИТС диапазонов ЭМ-волн:

– сверхдлинные волны используются в ИТС для передачи информации в водной и подземной среде;

– длинные и средние волны обеспечивают радиосвязь в пределах всей Земли за счет использования поверхностных волн;

– короткие волны используются в дальней радиосвязи за счет ионосферного отражения и в радиосистемах загоризонтной радиолокации;

– метровые и дециметровые волны ультракоротковолнового радиодиапазона используются в телевидении, в радиолокации, в спутниковых системах связи;

– сантиметровые и миллиметровые радиоволны СВЧ-диапазона используются в ближней радиолокации, в охранных системах и в спутниковых системах связи;

– инфракрасное излучение используется в ближней радиолокации, охранных системах, системах управления;

– видимое излучение используется в телевизионных ИТС для наведения и целеуказания, для мониторинга земной поверхности, а также в охранных системах.

Начиная с метровых волн ультракоротковолнового диапазона, ИТС работают в пределах прямой видимости и для увеличения дальности в пределах Земли используются либо наземные, либо спутниковые ретрансляторы.

Из приведенного краткого перечня мы видим, что ЭМ-волны всех освоенных диапазонов частот широко используются ИТС для решения информационных задач, необходимых человеку. В данной работе не рассматриваются ИТС, предназначенные для передачи информации на расстояние, а обсуждаются вопросы, связанные с **анализом пространственно-временных параметров** удаленных объектов, таких, как обнаружение объектов, измерение пространственных координат, скорости перемещения, размеров объектов и их изображений. Получение **изображения** объектов позволяет классифицировать, распознать объект.

Основой широкого использования ЭМ-волн для анализа пространственно-временных параметров удаленных объектов являются различные **физические явления**: поглощение, преломление, отражение, рассеяние, дифракция, интерференция, которые наблюдаемые при взаимодействии ЭМ-волн с объектами и которые основаны на взаимодействии электромагнитного поля с зарядами, находящимися в среде. При этом объект, пространственно-временные параметры которого мы хотим определить, должен иметь отличие в структуре по сравнению со средой, в которой распространяется ЭМ-волна, и иметь четкие границы. Указанные физические явления изменяют **пространственные характеристики** ЭМ-волны – комплексную амплитуду $\dot{E}(x,y,z)$ и начальную фазу $\varphi(x,y,z)$, при этом несущая частота ω_0 остается постоянной.

Временные характеристики ЭМ-волны проявляются в явлениях:

– **запаздывание**, которое определяется конечной скоростью распространения $c \approx 3\cdot10^8 \text{м/с}$ и которое широко используется в радиолокации для определения дальности до объекта за счет измерения времени задержки $t_{зад}$ принятого импульса по отношению к моменту излучения зондирующего импульса: $D = c\cdot t_{зад}/2$;

– **эффект Доплера**, который заключается в том, что при движении объекта или источника излучения и приема частота принимаемого сигнала изменяется на величину $\Delta f_Д$, которая зависит от радиальной составляющей вектора скорости $\pm V_r$ относительного движения объекта и радиолокационной станции, причем положительное значение V_r соответствует направлению распространения ЭМ-волны. Доплеровская частота равна: $f_Д = f_0\left(\frac{c}{c\pm V_r}\right)$. В реальных случаях $c >> V_r$, тогда, используя приближение $\frac{1}{1-a}\approx 1+a$ при а << 1, получаем $\Delta f_Д = f_0\frac{(\mp V_r)}{c}$. Доплеровские измерители скорости широко используются в радиолокации и радионавигации.

Обобщенная структурная схема ИТС анализа пространственно-временных параметров удаленного объекта

При всем многообразии существующих ИТС, решающих самые разнообразные задачи информационного обеспечения человека, можно выделить общие моменты взаимодействия переносчика информации, которым являются ЭМ-волны, с удаленными объектами и технической системой извлечения значений пространственно-временных параметров этих объектов из параметров ЭМ-волн.

На рис. 1 приведена обобщенная структурная схема, в которой в виде блоков представлены основные этапы анализа пространственно-временных параметров удаленного объекта с помощью ЭМ-волн.

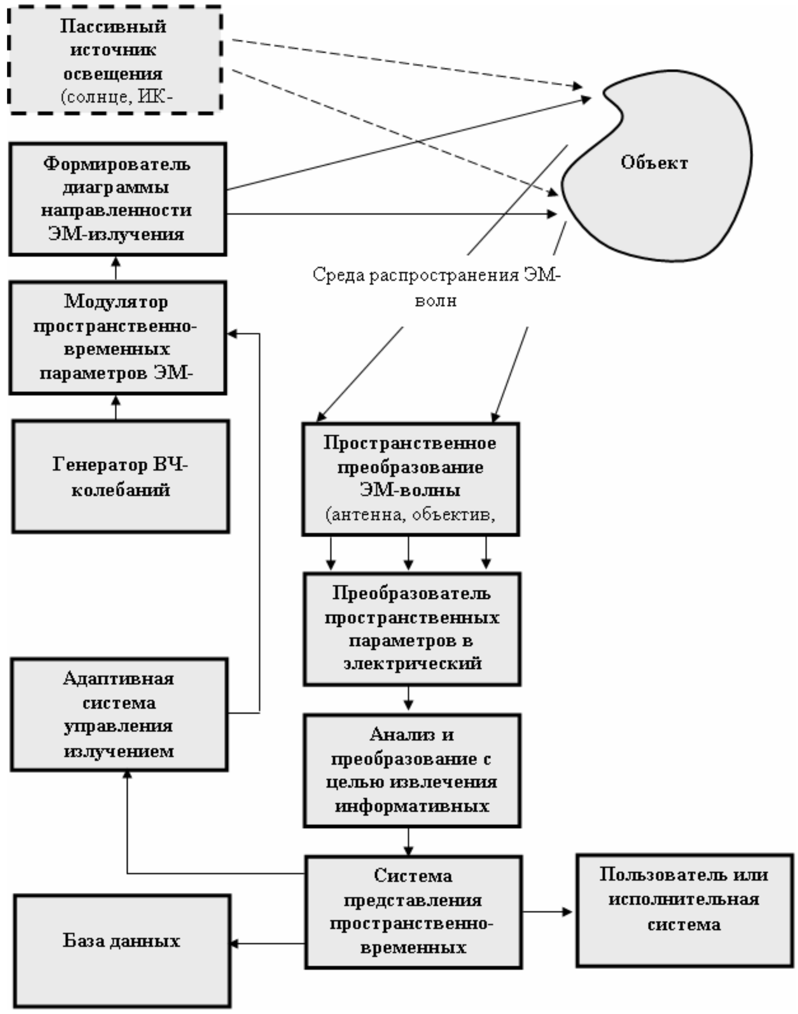


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема информационной технической системы

Источником ЭМ-волн может быть либо пассивный (солнце, инфракрасный излучатель, лазер), либо активный излучатель, который облучает удаленный объект ЭМ-волнами. Используя активное излучение, основой которого является генератор высокочастотных колебаний, можно управлять **пространственным** распределением энергии ЭМ-волны, то есть управлять параметрами диаграммы направленности. Кроме того, для активного излучения широко используется возможность управлять **временными** параметрами излучаемой ЭМ-волны, когда используются различные виды временной модуляции несущей частоты и амплитуды излучаемой ЭМ-волны. Широкое использование модуляции пространственно-временных параметров излучаемой ЭМ-волны в наибольшей степени характерно для радиоволн различных диапазонов частот.

Среда распространения ЭМ-волн – это пространство, в котором на удалении от ИТС находится объект. При взаимодействии ЭМ-волн с удаленным объектом проявляются все виды физических явлений, указанных выше. В результате действия всех этих явлений изменяются пространственно-временные параметры излучаемой

ЭМ-волны, в которых заключена информация о пространственно-временных параметрах воздействующего удаленного объекта.

В пространстве приема ЭМ-волн размещаются **устройства пространственного преобразования** ЭМ-волны, которые должны реагировать на принимаемые ЭМ-волны и преобразовывать пространственные параметры к виду, удобному для дальнейшего временного преобразования. Этим устройством в большинстве своем являются антенна, работающая в радиоволнах, а также объектив в виде линз, работающий в ИК и видимом диапазоне ЭМ-волн. Пространственно-распределенным регистратором ЭМ-волн служит также фазированная антенная решетка (ФАР).

Преобразователи пространственно-временных параметров ЭМ-волны в электрический сигнал призваны из всего многообразия пространственного представления принимаемой ЭМ-волны сформировать **временные электрические сигналы**, возможности по обработке и преобразованию которых в настоящее время достаточно широки и связаны, прежде всего, с методами и средствами **цифровой обработки информации** (ЦОИ). Системы ЦОИ в настоящее время прогрессируют, что определяется успехами технологии производства интегральных схем. Разработчику ИТС предлагается в настоящее время широкий спектр средств цифровой обработки сигналов – универсальные ЭВМ, микроконтроллеры (МК) и сигнальные процессоры (СП) на базе микропроцессоров, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), системы на кристалле (СнК). Но все эти мощные средства ЦОИ призваны обрабатывать временные сигналы.

Далее выполняется **анализ и измерение параметров пространственно-временных сигналов**, использующий различные методы и средства реализации алгоритмов обработки. В этой области накоплен значительный опыт. Среди методов обработки сигналов большое значение имеют **линейные интегральные преобразования**: интеграл свертки, который используется для фильтрации; функция взаимной корреляции, которая используется для улучшения отношения сигнал-шум; частотный анализ в виде быстрого преобразования Фурье; вейвлет-преобразование, при котором применяются финитные функции в качестве базисных, и многие другие виды преобразований.

Полученные **пространственно-временные параметры** удаленных объектов перед поступлением пользователю или на исполнительную систему должны быть представлены в виде **удобном для восприятия**. Для пользователя это может быть график изменения параметра, или изображение объекта. Для исполнительной системы это могут быть управляющие сигналы. Кроме того, полученные пространственно-временные параметры в виде таблиц кодов могут сохраняться в **базе данных.** Существует целый класс **адаптивных ИТС**, в которых подстраиваются параметры излучаемой ЭМ-волны в зависимости от результатов измерений пространственно-временных параметров удаленных объектов, или в зависимости от изменений условий наблюдения.

В данной работе выделены наиболее информационно ёмкие системы, формирующие **изображения** удаленных объектов. К подобным ИТС относятся телевизионные системы обнаружения и целеуказания, телевизионные технические системы охраны, радиолокационные системы бокового обзора, радиолокационные технические системы охраны.

Телевизионные системы измерения пространственных параметров изображений объектов

Телевизионные (ТВ) ИТС работают в видимом диапазоне ЭМ-волн, используют естественное освещение или пассивную искусственную подсветку. ТВ ИТС формируют изображение объектов, которое либо предназначено для человека, либо используется

для измерения пространственно-временных параметров удаленных объектов по получаемому изображению. В общем случае **изображение** можно определить как результат регистрации пространственного распределения параметров некоторого волнового процесса, распространяющегося в среде, искаженной наличием объектов наблюдения. Это определение носит более общий характер, нежели чем общепринятое, связанное с созерцательной способностью человека. Человек может видеть посредством волнового процесса только одной природы – ЭМ-волн оптического диапазона с длиной волны $\lambda = 0{,}40 \div 0{,}76$ мкм. Однако построить систему восприятия и анализа изображения можно для волн любой природы и опыт разработок показывает это. Можно формировать изображения предметов в ультразвуковых волнах, в рентгеновских лучах, в радиоволнах более низкочастотного диапазона, чем оптический, в сейсмических волнах, электромагнитных волнах инфракрасного диапазона и т.д. К настоящему времени накоплен богатый опыт по разработке датчиков параметров волнового процесса любой физической природы. Наибольшее распространение в качестве датчиков изображения получили телевизионные формирователи видеосигнала, работающие в видимом участке оптического диапазона ЭМ-волн. Этот участок диапазона ЭМ-волн обладает уникальными особенностями (не зря он выбран природой для человеческого зрения):

– высокой разрешающей способностью изображений предметов при относительно малых размерах объективов, что объясняется малой длиной волны;

– относительной простотой преобразователей «свет – электрический сигнал», использующий фотоэффект в полупроводниках.

На базе полупроводникового фотоэффекта разработан широкий спектр фотопреобразователей – точечных преобразователей в виде фотодиодов, линейных преобразователей в виде линеек фотоприемников и матричных фотодиодных преобразователей. В современных телевизионных формирователях видеосигнала используется монолитная фотополупроводниковая мишень в качестве среды, осуществляющей преобразование светового потока в электрический сигнал, а коммутация осуществляется либо электронным лучом в вакууме – это видиконы и различные модификации на его основе, либо электрическим полем в объеме фотополупроводника – это приборы с зарядовой связью (ПЗС-матрицы) [2], а также появившиеся в последнее время КМОП-сенсоры [3].

ЭМ-волна, рассеиваясь на объекте, изменяет, как правило, амплитуду, причем если объект освещается когерентным светом, для чего могут быть использованы оптические квантовые генераторы (ОКГ) – лазеры, то, кроме амплитуды электромагнитной волны $E_0(x,y,z)$, изменяется или модулируется в соответствии с пространственным очертанием объекта и фаза электромагнитной волны $\varphi(x,y,z)$. В оптическом диапазоне ЭМ-волн все преобразователи реагируют на интенсивность светового потока, то есть фазовая структура поля теряется. Приемное пространство представляет собой плоскость, поэтому **электрический сигнал**, который может быть либо током, либо напряжением на выходе преобразователя, принято описывать выражением:

$$S(x,y,t) = \frac{1}{XYT}\iiint_{XYT}\left|\dot{E}(x'-x, y'-y, t'-t),\right|^2 dx'dy'dt', \qquad (1)$$

где X,Y – пространство интегрирования, T – интервал интегрирования по времени, определяемый быстродействием преобразователя. Зависимость от t в (1) характеризует динамические свойства изображения.

Основной особенностью ТВ формирователей изображения является **растровый принцип считывания** пространственной картины светового поля. При этом выполняется преобразование пространственных координат (x,y) во временной параметр t, который связан с координатами через скорости развертки V_x, V_y :

$$t = x / V_x; \qquad t = y / V_y. \qquad (2)$$

Формируемый при этом видеосигнал *S(t)* является функцией, зависящей в явном виде от одного аргумента – времени. Такой последовательный видеосигнал уже удобен для передачи по каналам связи. При последовательной передаче данных в каналах связи обязательно часть времени отводят для передачи служебных сигналов, которыми в самом общем случае могут быть признак начала и окончания передачи некоторого информационного блока данных.

Подобная особенность исходного изображения, которое необходимо обработать в ТВ ИТС, накладывает свой отпечаток на подходах к разработке алгоритмов анализа и обработки изображений. Если не требуется высокое быстродействие, то можно запомнить входное изображение в виде массива данных и запустить программу обработки, которая будет иметь возможность обращаться в память произвольным образом в соответствии с алгоритмом. А когда во главу угла работы ТВ ИТС ставится **быстродействие**, когда результат обработки необходимо получить сразу же с окончанием формирования кадра, тогда возникает задача обрабатывать текущий видеосигнал с учетом растровой структуры воспринимаемого изображения и в темпе поступления отсчетов видеосигнала, то есть – **в реальном масштабе времени**. Наиболее подробно цели, методы анализа и обработки ТВ-изображений изложены в [4], [5]. Отметим лишь некоторые из них:

– формирование **бинарного изображения**, при котором сохраняются пространственные характеристики изображения, но существенно уменьшается объем обрабатываемых данных, так как значение яркости приобретает 2 возможных состояния 0 – 1;

– **сегментация** бинарных изображений по признаку пространственной связанности, которая позволяет разделить в пространстве изображения локальных объектов;

– **медианная фильтрация**, позволяющая убрать импульсные помехи на изображении;

– **размерная селекция**, позволяющая выделить изображения, имеющие определенный диапазон пространственных размеров;

– измерение **координат** геометрического центра, а также координат центра тяжести изображения объекта, которые используются в системах целеуказания и наведения;

– измерение **осей симметрии** изображения и **коэффициента формы**, показывающего изрезанность границ изображения;

– **выделение контуров изображений**, используемых для формирования корреляционной меры близости исходного образа и эталонного для целей классификации и распознавания.

Телевизионные технические системы охраны

В настоящее время телевизионные ИТС активно используются в качестве технических систем охраны (ТСО). Работа с изображениями в видимом и инфракрасном диапазонах позволяет выявлять не только факт нарушения рубежа охраны, но и классифицировать и распознать объект, тем самым существенным образом снизить вероятность ложной тревоги. Отметим следующие направления применения телевидения в ТСО и их особенности.

Системы видеонаблюдения. Базируются на использовании телекамер, характеристики которых непрерывно совершенствуются [6]. Формируемое телекамерами изображение передается по каналам связи. В настоящее время достигнуты впечатляющие успехи в области разработки телекамер:

– разрешающая способность – до 600 телевизионных линий (тв.л.);

– чувствительность – до 0,002 лк;

– наличие электронного затвора, позволяющего регулировать освещенность до 1/100000. Например, системы видеонаблюдения фирмы *Videotronic infosystems* (Германия)

имеют в своем составе видеокамеры с разрешающей способностью 570 тв.л. и чувствительностью 0,0075 лк; объектив с электронной управляемой диафрагмой; монитор с экраном 43 см в металлическом кожухе. Средняя наработка на отказ подобной системы – 80 тыс. час. В системы видеонаблюдения входят устройства коммутации, к которым предъявляются высокие требования по перекрестным искажениям и сохранению полосы передаваемых от видеокамер частот. При этом наблюдается тенденция к увеличению числа видеокамер в системе охраны крупных объектов, которое может достигать 64.

Другой аспект развития систем видеонаблюдения заключается в использовании и совершенствовании **методов сжатия** видеосигнала для кодирования и увеличения скорости передачи данных по линиям связи. Развитие охранного телевидения движется в направлении все более полного внедрения цифровых технологий. Объем пакета видеоинформации от одного кадра для цветного *PAL*-сигнала составляет 650 кбайт и 450 кбайт для черно-белого изображения. Такой пакет камера выдает 25 раз в секунду, поэтому очевидно, что успешная архивация и передача ТВ-изображений невозможна без использования различных алгоритмов сжатия. В настоящее время используются методы сжатия ТВ-изображения: *JPEG* (1:25), *MPEG* (1:50), *Wavelet* (1:100). Недостатком методов *MPEG* и *Wavelet* являются высокие требования к вычислительным ресурсам.

Системы регистрации ТВ-изображений. Это направление использования ТВ ТСО характеризуется развитием и совершенствованием систем **видеорегистрации** на базе видеомагнитофонов и компьютерных накопителей на магнитных дисках. В этой области достигнуты существенные успехи по продолжительности записи и доступности чтения необходимых фрагментов. Например, фирма *MITSUBISHI ELECTRIC* разработала видеомагнитофон длительной записи, который имеет следующие характеристики: русскоязычное меню; продолжительность записи до 960 часов с выборкой кадров; видеозапись с плотностью 17 кадров/с; *S-VHS* в цвете до 400 тв.л. Другим аспектом развития систем видеорегистрации является использование компьютерных технологий. Для этого используются устройства ввода и согласования с компьютером по *PCI* или *USB*-интерфейсу. Самым последним направлением является использование международной сети Интернет. Так, например, фирма *VOCORD TELECOM* разработала многоканальную цифровую систему наблюдения *PHOBOS* с видеорегистрацией путем записи через Интернет.

Видеодатчики перемещения и системы распознавания образов

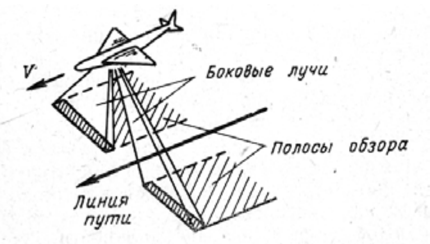
Многие системы видеонаблюдения имеют цифровой многофункциональный детектор движения. Например, фирма *MITSUBISHI ELECTRIC* выпускает системы *DS*-200 (до 64 видеоканалов), основные отличия которых: работа в среде *Windows*; комплектование жестким диском 1 Тбайт; автоматическая идентификация людей по изображению лица. Большинство современных цифровых (компьютерных) систем видеоконтроля обязательно имеют многоканальные **детекторы активности**. Детекторы активности используют достаточно простые разбиения поля изображения, как правило, на 8 – 16 (очень редко – более) областей, которые используются только для анализа активности (как правило, на основании измерения относительных изменений яркости/контраста в этих зонах), без определения реальных характеристик движения объекта. Истинно профессиональные **детекторы движения** дополнительно к обычной детекции активности определяют как характеристики собственно детектируемого объекта (форму, контур, размер, контраст и т.д.), так и характеристики его движения (скорость, изменения скорости и т.д.). Некоторые профессиональные детекторы движения имеют несколько отдельно анализируемых зон (обычно не более 8 – 16), каждая со своими настройками, что позволяет реализовывать ряд дополнительных функций детектирования и реакций на движение. Пользовательские функции ТВ ТСО непрерывно совершенствуются.

Радиолокационные системы бокового обзора

Использование телевизионных ИТС для формирования изображений удаленных объектов наталкивается на непреодолимую трудность – влияние погодных условий на распространение оптического излучения в пределах Земли. Туман, облака, снегопад, дождь, ночь – все это существенным образом затрудняет использование телевизионных ИТС для решения многих практических задач измерения пространственно-временных параметров удаленных объектов.

С другой стороны, на распространение радиоволн дециметрового и сантиметрового диапазонов практически не влияют погодные условия, но существенно большая длина волны этих диапазонов по сравнению с оптическим не позволяет получить высокое угловое разрешение, так как реальные размеры передающих антенн не дают сформировать узкие диаграммы направленности. Определяющим в антенной технике является отношение размеров апертуры к длине волны. Например, при размещении антенны РЛС на борту самолета это отношение равно $d_A / \lambda \approx 100$, тогда разрешение по азимуту на дальности R равно $\Delta x = R \cdot \lambda / d_A$, следовательно уже на дальности 10 км разрешение получается не лучше 100 м, что совершенно недостаточно для получения качественного изображения земной поверхности или изображения объектов.

В 60-е годы появились РЛС, в которых за счет пространственно-временной обработки принимаемого радиосигнала удается увеличить эквивалентный раскрыв антенны на несколько порядков, увеличивая тем самым разрешающую способность до нескольких метров [7]. Для формирования изображения земной поверхности с высоким разрешением используется **метод бокового обзора**, при котором диаграмма направленности антенны имеет веерообразный вид и направлена отвесно под самолет и в бок (рис. 2 а).



а)



б)

Рисунок 2 – РЛС бокового обзора с синтезированной апертурой (а), полученное изображение земной поверхности (б)

Перемещаясь в пространстве, самолет просматривает такой диаграммой направленности боковые полосы обзора, для отраженного сигнала с которых применяется когерентный прием. Разрешение по ортогональному движению самолета направлению (в бок) осуществляется за счет излучения коротких импульсов, а разрешение в направлении движения самолета обеспечивается оптимальной обработкой при когерентном суммировании отраженных сигналов. В первоначальном варианте когерентное накопление принимаемых сигналов осуществлялось с помощью записи на фотопленку. Высокая азимутальная разрешающая способность РЛС бокового обзора позволяет получать с летальных аппаратов высококачественное многотоновое радиолокационное изображение земной поверхности, приближающееся по своей детальности к фотографическому. На рис. 2б показано изображение Керченского пролива с разрешением до 1 м, полученное с американского разведывательного спутника *Radarsat*-1 [8].

Радиолокационные технические системы охраны

Современные ТСО объектов интегрируют в себе не только системы обнаружения нарушителей, но и системы охранно-пожарной сигнализации, видеонаблюдения, контроля доступа и другие. Датчик любой периметровой ТСО реагирует на пересечение нарушителем линии охраны. Сигналы датчика анализируются электронным блоком (анализатором или процессором), который, в свою очередь, генерирует сигнал тревоги при превышении заданного **порогового уровня** активности в охраняемой зоне. Очевидно, что периметровая охранная система должна обладать максимально высокой чувствительностью, чтобы обнаружить даже опытного нарушителя. В то же время эта система должна обеспечивать по возможности низкую вероятность ложных срабатываний, причинами которых могут быть появление в зоне охраны птиц или мелких животных. Сигнал тревоги может появиться при сильном ветре, граде или дожде.

В настоящее время как отечественные, так и зарубежные разработчики используют широкий спектр физических принципов для построения систем охраны периметров. Традиционно устойчивое место на рынке охранных технологий занимают радиотехнические средства обнаружения [9]. К ним относятся однопозиционные и двухпозиционные радиолучевые технические средства охраны (РЛТСО), кабельно-волновые и проводно-волновые средства охраны (КВСО и ПВСО).

РЛТСО работают обычно в диапазоне радиоволн не ниже дециметрового. Зона обнаружения (ЗО) имеет объемно-лучевую форму. Обнаружение осуществляется в пределах прямой радиолучевой видимости. Форма зоны обнаружения определяется диаграммами направленного действия передающей и приемной антенн, а её геометрические размеры влияют на чувствительности приемника. РЛТСО, как правило, производятся в трех вариантах: рубежные, предназначенные для блокирования линейного участка периметра; секторно-площадные – для блокирования секторной площадки; универсальные – способные блокировать как линейные, так и секторно-площадные участки рубежа.

Однопозиционные РЛТСО относятся к радиоимпульсным ИТС, используя для обнаружения Н в ЗО короткие радиоимпульсы. При этом передатчик (ПРД) и приемник (ПРМ) находятся в одном месте, что дает определенные преимущества при размещении этой системы для охраны объектов (рис. 3). Кроме того, радиоимпульсные РЛТСО позволяют измерить дальность до нарушителя, то есть определить координаты места нарушения. Недостатком этих РЛТСО является требование большой мощности излучения, так как радиоимпульсные РЛТСО принимают **рассеянные** на Н ЭМ-волны, а на Н рассеивается только часть энергии ЭМ-волны, а остальная уходит в пространство. Кроме того, вследствие хаотического рассеяния только незначительная часть энергии ЭМ-волны попадает в ПРМ.

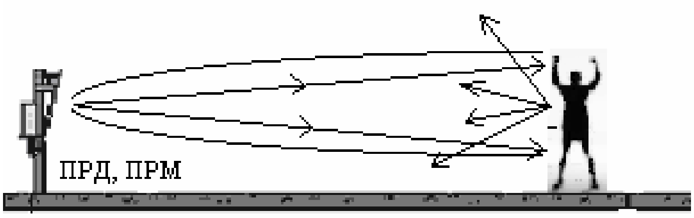


Рисунок 3 – Однопозиционная радиоимпульсная РЛТСО

Двухпозиционная РЛТСО состоит из приемника и передатчика, размещаемых на противоположных сторонах участка рубежа. При этом приемник и передатчик разнесены в пространстве и как бы «смотрят» друг на друга. На вход приемника попадают

парциальные ЭМ-волны, прошедшие различный путь в зоне охраны, включая отраженные от земли. Преодолевая зону охраны Н вносит возмущение в парциальные ЭМ-волны, при этом основой взаимодействия объекта и ЭМ-волн в данном типе ИТС является **дифракция,** то есть Н перекрывает путь распространения ЭМ-волны, формируя в точке приемника область «тени». На входе приемника наблюдается **интерференция** парциальных волн, которая изменяется при проходе Н в ЗО. По изменениям принимаемого временного сигнала судят о появлении Н в ЗО. Для данного типа РЛТСО требуется значительно меньшая мощность, чем для однопозиционной РЛТСО, так как на приеме используются прямые волны от передатчика. Недостатками подобной схемы РЛТСО являются невозможность простыми средствами измерить дальность до нарушителя, а также необходимость иметь для одного комплекта РЛТСО 2 точки установки оборудования.

Общим достоинством РЛТСО являются: объемная невидимая зона обнаружения, высокая устойчивость к природным, индустриальным, акустическим помехам. Недостаток – наличие источников радиоизлучения.

Заключение

Таким образом показано, что развитие **информационных технических систем**, использующих ЭМ-волны, направлено на разностороннее удовлетворение **информационных потребностей** человека. Сформировались самостоятельные направления: радиотехнические системы передачи информации, телевидение, радиолокация, радионавигация, радиоуправление, радиоразведка и другие области, связанные с дистанционным обнаружением, измерением пространственно-временных параметров, классификацией и распознаванием **удаленных объектов**.

В настоящее время наблюдается существенное расширение возможностей ИТС, связанное с освоением различных частотных диапазонов ЭМ-волн: сантиметровых и миллиметровых радиоволн, инфракрасного и видимого оптического излучения. Уменьшение длины волны позволяет увеличивать разрешающую способность и точность дистанционного определения пространственных параметров удаленных объектов, открывая возможность формирования пространственных границ объектов, то есть **изображений**.

Литература

1. Черенкова Е.Л. Распространение радиоволн / Е.Л. Черенкова, О.В. Чернышев. – М. : Радио и связь, 1984. – 272 с.
2. Пресс Ф.П. Формирователи видеосигнала на приборах с зарядовой связью / Пресс Ф.П. – М. : Радио и связь, 1981.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.videoscan.msk.ru.
4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Прэтт У. – М. : Мир, 1982.
5. Сальников И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений / Сальников И.И. – М. : Физматлит, 2009. – 246 с.
6. Шерстобитов С. Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать / С. Шерстобитов // Системы безопасности. – 1998. – № 21.
7. Буренин Н.И. Радиолокационные станции с синтезированной антенной / Буренин Н.И. – М. : Сов. радио, 1972. – 160 с.
8. Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок / Меньшаков Ю.К. – М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009. – 656 с.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.start-7.ru.

Статья поступила в редакцию 22.06.2010.